

УДК 675.6.033.96

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОФОБИЗАЦИИ КОЖЕВЕННОГО МАТЕРИАЛА

А. Г. ДАНИЛКОВИЧ¹, Н. В. ОМЕЛЬЧЕНКО², Н. В. ЛИСЕНКО²¹ Киевский национальный университет технологий и дизайна² Полтавский университет экономики и торговли

Оптимизирована технология производства гидрофобных кожевенных материалов для верха обуви, предусматривающая использование синтезированной алкен-малеинатной композиции. Полученный гидрофобный кожевенный материал характеризуется высокой водостойкостью и повышенными физико-химическими показателями по сравнению с негидрофобизированной кожей для верха обуви.

Ключевые слова: гидрофобизация, кожевенный материал, алкен-малеинатная композиция, оптимизация.

Актуальность

Проблема создания кожевенных материалов с комплексом специфических свойств и получения с них изделий приобретает в последние годы всё большую значимость. Это в первую очередь относится к обувным изделиям, которые используются как в обычных, так и в экстремальных условиях эксплуатации. В связи с этим особый интерес проявляется к технологиям, позволяющим на определённой стадии производства, благодаря использованию новых эффективных реагентов, получить кожевенный материал с дополнительными эксплуатационными свойствами, без существенного изменения технологии. В частности это относится к кожевенным материалам, имеющим повышенную устойчивость к действию влажности окружающей среды. Именно это качество материала важно для всего ассортимента обувных изделий, включая военную, рабочую, повседневную и детскую обувь. Несмотря на значительное количество существующих способов гидрофобизации кожевенных и меховых материалов с повышенной влагостойкостью, разработка эффективных технологий их производства должна предусматривать не только применение новых реагентов, но и оптимизацию режима их использования в технологических процессах.

Анализ способов гидрофобизации кожевенных и меховых материалов; постановка проблемы

В большинстве известных способов гидрофобизации натуральных материалов, в основном, рекомендуется применение кремнийорганических соединений в комплексе с другими химическими реагентами. В частности, с этой целью предлагается использовать фосфорорганические кремнийсодержащие вещества [1, 2], фторсилан и производные карбоновых кислот [3], добавки октафтортолуола [4, 5], эфиры глицерина [6], сополимеры на основе эфира малеиновой кислоты [7, 8], полиакрилаты или амиды высших жирных кислот [9]. Наряду с этим, для гидрофобизации полуфабриката хромового дубления рекомендуется применение продуктов взаимодействия аминоспиртов с жирными кислотами растительных масел фракции C₁₂₋₂₂ и борной кислотой в минеральном масле [10], амидных производных жирных кислот [11], синтола TW-321 фирмы Smit & Zoom [12]. Поскольку большинство работ посвящено исследованию и применению гидрофобизирующих реагентов преимущественно импортного производства, неизвестного точного химического состава, то эффективное их применение при разработке новых технологий сильно затруднено. В связи с этим актуальной является разработка технологии изготовления гидрофобных кожевенных материалов на основе отечественных реагентов с привлечением метода многокритериальной оптимизации параметров в технологическом процессе.

Технология формирования гидрофобного кожевенного материала

Полуфабрикат хромового дубления крупного рогатого скота после проведения процессов додубливания и наполнения [13, 14] и строгания на толщину 2,4 мм (выравнивание толщины по площади) подвергается гидрофобизации с применением композиции [15]. При гидрофобизации кожевенного материала использованы алкен-малеинатный полимер, подсолнечное масло и 85 % муравьиная кислота. Синтезированная авторами алкен-малеинатная композиция обладает повышенными поверхностно-активными свойствами. Для повышения её гидрофобизирующего воздействия на кожевенный полуфабрикат и удешевления технологии гидрофобизации применено техническое подсолнечное масло, а для эффективного использования гидрофобизирующих компонентов – муравьиная кислота. Гидрофобизирующее жирование полуфабриката проводилось при соотношении технологический раствор / полуфабрикат 1,4 : 1,0 и температуре 60-65 °С. Для фиксации полученного эффекта и усиления гидрофобизирующего воздействия композиции после жирования использована фиксирующая обработка полуфабриката алюминиево-калиевыми квасцами с добавлением формиата натрия. Дальнейшая обработка полуфабриката выполнялась по действующей технологии.

Эксплуатационные свойства гидрофобизированного кожевенного материала оценивали по его физико-химическим показателям, определённым по методикам [16]. При этом водопоглощаемость кожи в динамических условиях определяли на приборе ПВД-2 при частоте деформации образца 70 двойных ходов/мин.; предел прочности кожи при растяжении – при скорости движения нижнего зажима 90 мм/мин.; жёсткость – на приборе ПЖУ-12М.

Математическое описание процесса

Для получения зависимости между выходной переменной y и входными \bar{x} используется математическая модель вида

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_i x_i^2, \quad (1)$$

где \hat{y} – прогнозируемое значение выходной переменной (параметр оптимизации); b_i, b_{ij} – коэффициенты модели; x_i – входная (управляющая) переменная ($i = 1, 2, \dots, k$); k – количество управляющих переменных (факторов).

Основными управляющими параметрами исследования процесса гидрофобизации кожевенного материала, в значительной степени определяющего его потребительские свойства, включены в модель следующие факторы: содержание полиалкен-малеината, подсолнечного масла и муравьиной кислоты (табл. 1).

Таблица 1

Параметры плана эксперимента

Параметры управления	Обозначение	Уровень		
		–1	0	+1
Расход, % от массы строганого полуфабриката:				
полиалкен-малеинат	x_1	3,5	4,0	4,5
подсолнечного масла	x_2	1,75	2,25	2,75
муравьиной кислоты	x_3	1,55	1,85	2,15

Для построения модели вида (1), которая в нашем случае имеет вид:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_1 x_2 + b_5 x_1 x_3 + b_6 x_2 x_3 + b_7 x_1^2 + b_8 x_2^2 + b_9 x_3^2, \quad (2)$$

и проверки адекватности эксперимента полученным значениям по критерию Фишера использован центральный композиционный ротатабельный план второго порядка со звёздным плечом $\alpha = 1,682$ (табл. 2). Выбор плана экспериментов обеспечивает в

эквидистантных точках от его центра в любом направлении движения по факторному пространству одинаковую точность прогноза выходной переменной [17].

Таблица 2

План эксперимента

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1,682	-1,682
x_2	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0	0
x_3	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0

Продолжение таблицы 2

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x_2	1,682	-1,682	0	0	0	0	0	0	0	0
x_3	0	0	1,682	-1,682	0	0	0	0	0	0

Количество опытов n определяется по формуле:

$$n = n_{\alpha} + n_{\alpha} + n_0 = 2^{k-p} + 2^k + n_0,$$

где n_{α} , n_{α} , n_0 – количество опытов соответственно ядра плана, в «звёздных» точках и центре плана; α – звёздное плечо; p – дробность ядра плана (для полного факторного эксперимента $p = 0$).

Звёздное плечо определяется по формуле: $\alpha = 2^{k/4}$, а n_0 – по таблице для заданного количества k факторов [18].

Для оценки показателей качества гидрофобизированного кожевенного материала алкен-малеинатной композицией в соответствии с ГОСТ 4.11-81 выбраны следующие физико-химические характеристики: y_1 – водопроницаемость кожи в динамических условиях, мин; y_2 – предел прочности кожи при растяжении, МПа; y_3 – жесткость кожи, сН. В соответствии с планом эксперимента получены выходные переменные (табл. 3).

Таблица 3

Результаты эксперимента

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_1	247	186	212	190	239	178	210	170	231	157
y_2	31	17	30	15	29	16	26	14	37	20
y_3	52	55	49	75	53	57	50	72	39	60

Продолжение таблицы 3

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
y_1	239	203	193	179	236	238	234	231	235	230
y_2	27	20	12	13	27	29	28	26	27	26
y_3	44	59	74	75	44	46	44	45	46	44

Результаты расчётов ошибки эксперимента, значимости коэффициентов полученных математических моделей 1-3 и их адекватность экспериментальным данным, получены с использованием компьютерных программ, представлены в таблицах 4-6.

Таблица 4

Коэффициенты моделей и расчётные значения критерия Стьюдента

Номер коэффициента	Модель					
	\mathcal{E}_1		\mathcal{E}_2		\mathcal{E}_3	
	b_i	t_p	b_i	t_p	b_i	t_p
0	233,8067322	–	27,1296997	–	44,8829269	–
1	22,5961533	27,5184631	6,0506563	19,1185417	–6,6164403	24,8581982
2	9,4160423	11,4672184	1,4481709с	4,5758533	–3,9722095	14,9237299

3	4,5086737	5,4908361	<i>0,4631801</i>	1,4635320	-0,1964118	<i>0,7379258</i>
4	7,5	4,0951419	<i>0,0</i>	0,0	5,1250000	8,6329088
5	-2,250	1,2285426	<i>0,5</i>	0,7083376	-0,3750000	<i>0,6316762</i>
6	-0,75	0,4095142	-0,25	0,3541688	-0,6250000	<i>1,0527937</i>
7	-12,9473267	28,3733692	0,7067316	4,0183506	1,3389825	9,0523472
8	-3,3809738	7,4092216	-1,0648072	6,0543056	2,0476062	13,8430815
9	-15,7817688	34,5848961	-4,9622002	28,2141933	10,1967010	68,9359894

Примечание. b_i – коэффициенты моделей в кодированном виде (курсивом выделены незначимые), t_p – расчётные значения критерия Стьюдента

Таблица 5

Сравнение данных полученных по модели ξ с экспериментальными (y)

Опыт	ξ_1	$\xi_1 - y_1$	ξ_2	$\xi_2 - y_2$	ξ_3	$\xi_3 - y_3$
1	245,718	-1,282	29,308	-1,692	53,003	1,003
2	185,525	-0,475	17,207	0,207	55,985	0,985
3	211,885	-0,115	26,412	-3,588	50,697	1,697
4	181,693	-8,307	14,311	-0,689	74,18	-0,82
5	236,7	-2,3	29,308	0,308	53,003	0,003
6	176,508	-1,492	17,207	1,207	55,985	-1,015
7	202,868	-7,132	26,412	0,412	50,697	0,697
8	172,676	2,676	14,311	0,311	74,18	2,18
9	235,226	4,226	39,289	2,289	37,546	-1,454
10	159,303	2,303	18,959	-1,041	59,778	-0,222
11	240,083	1,083	26,557	-0,443	43,989	-0,011
12	208,445	5,445	21,691	1,691	57,335	-1,665
13	196,839	3,839	13,124	1,124	73,662	-0,338
14	181,69	2,69	13,124	0,124	73,662	-1,338
15	233,807	-2,193	27,13	0,13	44,883	0,883
16	233,807	-4,193	27,13	-1,87	44,883	-1,117
17	233,807	-0,193	27,13	-0,87	44,883	0,883
18	233,807	2,807	27,13	1,13	44,883	-0,117
19	233,807	-1,193	27,13	0,13	44,883	-1,117
20	233,807	3,807	27,13	1,13	44,883	0,883

Как видно из сопоставления данных экспериментов и полученных по моделям 1–3 наибольшее отклонение имеется в опыте 4 первой модели, что указывает на большую ошибку в этом опыте. Несмотря на это модель является адекватной экспериментальным данным (табл. 6), так как она учитывает общую сумму всех отклонений. Судя по ошибке, модели 2 и 3 также являются адекватными.

Таблица 6

Оценка адекватности моделей экспериментальным данным

Показатель	Модель		
	ξ_1	ξ_2	ξ_3
Ошибка эксперимента – $s_{\text{экс}}^2$	9,2	1,366667	0,9666666
Критерий Стьюдента табличный – $t_T(5, 5 \%)$	2,571	2,571	2,571
Дисперсия адекватности – $s_{\text{ад}}^2$	43,51518	4,712093	3,5393
Критерий Фишера расчётный – F_p	4,729911	3,447873	3,661346
табличный – $F_T(f_{\text{ад}}, f_{\text{экс}}, 5 \%)$	4,88 (7, 5)	4,78 (9, 5)	4,82 (8, 5)

После обработки исходных экспериментальных данных (табл. 2, 3) по методу наименьших квадратов получено математическое описание, которое при уровне значимости 0,05 по критерию Фишера адекватно с точки зрения экспериментальной ситуации, описывает процесс гидрофобизации кожевенного материала для изготовления водостойкой обуви с использованием алкен-малетинатной композиции:

$$\begin{cases} f_1 = 233,8067 + 22,59615x_1 + 9,416042x_2 + 4,508674x_3 + 7,4x_1x_2 - \\ - 12,94733x_1^2 - 3,380974x_2^2 - 15,78177x_3^2 \\ f_2 = 27,1297 + 6,050656x_1 + 1,448171x_2 + 0,7067316x_1^2 - 1,064807x_2^2 - \\ - 4,9622x_3^2 \\ f_3 = 44,88293 - 6,61644x_1 - 3,972209x_2 + 5,125x_1x_2 + 1,338982x_1^2 + \\ + 2,047606x_2^2 + 10,1967x_3^2, \end{cases} \quad (3)$$

Оптимизация процесса гидрофобизации кожевенного материала

Поиск оптимума процесса гидрофобизации проведен с помощью обобщённой функции желательности [13], составленной по модели (3). В соответствии с таким подходом получения оптимального вектора управления процессом установлены ограничения на выходные переменные, которые соответствуют лучшему и худшему их значениям: $y_1 - 240$ и 220 , мин; $y_2 - 30$ и 20 , МПа; $y_3 - 40$ и 44 , сН.

Для оптимизации процесса гидрофобизации, который характеризуется m выходными переменными, использована функция желательности D , имеющая вид [13, 14]:

$$D = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}, \quad (4)$$

где d_i ($i = 1, 2, 3$) – частная функция желательности переменной y_i , принимаемая значения в интервале $[0; 1]$ и определяемая по зависимости:

$$d_i = \exp[-\exp(-y'_i)], \quad (5)$$

где y'_i – безразмерное значение свойства y_i , определяемое, обычно, по линейной зависимости:

$$y'_i = b_0^{(i)} + b_1^{(i)} y_i. \quad (6)$$

Коэффициенты $b_0^{(i)}, b_1^{(i)}$ зависимостей (5) определяются решением системы уравнений:

$$\begin{cases} y_i'^{\text{лучшее}} = b_0^{(i)} + b_1^{(i)} y_i'^{\text{лучшее}} \\ y_i'^{\text{худшее}} = b_0^{(i)} + b_1^{(i)} y_i'^{\text{худшее}} \end{cases}, \quad (i = 1, 2, 3), \quad (7)$$

где $y_i'^{\text{лучшее}}, y_i'^{\text{худшее}}$ – соответственно лучшее и худшее значения свойства y_i , увеличить или уменьшить которое дальше не представляется возможным по причине технологического характера и оно устанавливается исследователем.

Лучшее и худшее значения безразмерного свойства, определяемого на основании (5) по формулам:

$$y_i'^{\text{лучшее}} = -\ln(-\ln d_{\text{лучшее}}), \quad y_i'^{\text{худшее}} = -\ln(-\ln d_{\text{худшее}}), \quad (8)$$

где $d_{\text{лучшее}}$ и $d_{\text{худшее}}$ – лучшее и худшее значения частных функций желательности (5), которые, обычно, принимают на практике соответственно 0,8 и 0,2.

Максимум функции желательности D , составленной по (4), соответствует оптимальному ведению процесса \bar{x}^{opt} с наилучшими компромиссными значениями параметров оптимизации y_i ($i = 1, 2, 3$).

Например, для модели y_1 частная функция d_1 находится таким образом. Используя формулы (8) определяем:

$$y_1'^{\text{лучшее}} = 1,4999444; \quad y_1'^{\text{худшее}} = -0,475885.$$

Принимая во внимание значения ограничений и формулу (6) составим систему уравнений для нахождения коэффициентов b_0 и b_1 функции безразмерной выходной переменной y'_1 (5):

$$\begin{cases} 1,49994 = b_0 + 240b_1 \\ -0,475885 = b_0 + 220b_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_0 = -22,21 \\ b_1 = 0,098791 \end{cases}$$

Подставляя найденную пару коэффициентов b_0 и b_1 в (5) получим аналитическое выражение частной функции желательности:

$$d_1 = \exp[-\exp(-[-22,21 + 0,098791 \cdot (233,8067 + 22,59615x_1 + 9,416042x_2 + 4,508674x_3 + 7,4x_1x_2 - 12,94733x_1^2 - 3,380974x_2^2 - 15,78177x_3^2)])] \quad (9)$$

По аналогии находим функции d_2 и d_3 :

$$d_2 = \exp[-\exp(-[-4,42754 + 0,197583 \cdot (27,1297 + 6,050656x_1 + 1,448171x_2 + 0,7067316x_1^2 - 1,064807x_2^2 - 4,9622x_3^2)])], \quad (10)$$

$$d_3 = \exp[-\exp(-[21,25819 - 0,49396 \cdot (44,88293 - 6,61644x_1 - 3,972209x_2 + 5,125x_1x_2 + 1,338982x_1^2 + 2,047606x_2^2 + 10,1967x_3^2)])]. \quad (11)$$

Полученные аналитические функции подставляются в (3) и находится функция D .

Оптимальные параметры исследованного процесса получены при нахождении максимума обобщённой функции желательности по методу сканирования с точностью поиска 0,01 в пределах $-1,6 \dots +1,6$ для всех управляющих переменных. При этом вектор управления технологическим процессом находится в точке с координатами, % от массы полуфабриката $X_1 = 4,5$, $X_2 = 2,345$ и $X_3 = 1,856$, а выходные параметры имеют следующие значения: $y_1 = 246,6$, мин; $y_2 = 34,1$, МПа; $y_3 = 39,9$, сН. Функция желательности D имеет значение 0,867 при количестве её компьютерных вычислений – 8120602 раз.

Построение оптимальной области

Полученная модель (2) использована для построения оптимальной области процесса гидрофобизации кожевенного материала по разработанному способу его эмульсионной обработки. Для этого при трёх факторах, один фиксирован на оптимальном уровне, в координатах $x_i, 0x_i$ построены линии равного выхода $y_i^{\text{лучшее}}$, $y_i^{\text{худшее}}$ ($i = 1, 2, 3$) и компромиссная область (рис. 1). Для построения оптимальной области в компромиссной наносят линии равного выхода функции желательности D . Двигаясь в компромиссной области в сторону увеличения функции желательности, получаем множества оптимальных значений управляющих переменных, которые можно представить интервалами в кодированных значениях. Так, на рис. 1а x_1 принадлежит интервалу $(0,7; 0,8)$, $x_2 \in (-0,4; -0,2)$; на рис. 1б $x_1 \in (0,7; 0,9)$, $x_3 \in (-0,6; -0,5)$. Рис. 1в имеет две оптимальные области. Принимая во внимание ресурсосохранность технологии гидрофобизации материала, оптимальные значения при фиксированном значении фактора x_1 на оптимальном уровне находятся в интервалах: $x_2 \in (-0,3; 0,1)$, $x_3 \in (-0,5; -0,4)$. При этом идеальными параметрами управления процессом гидрофобизации кожевенного материала являются значения факторов полученных вблизи оптимальной точки.

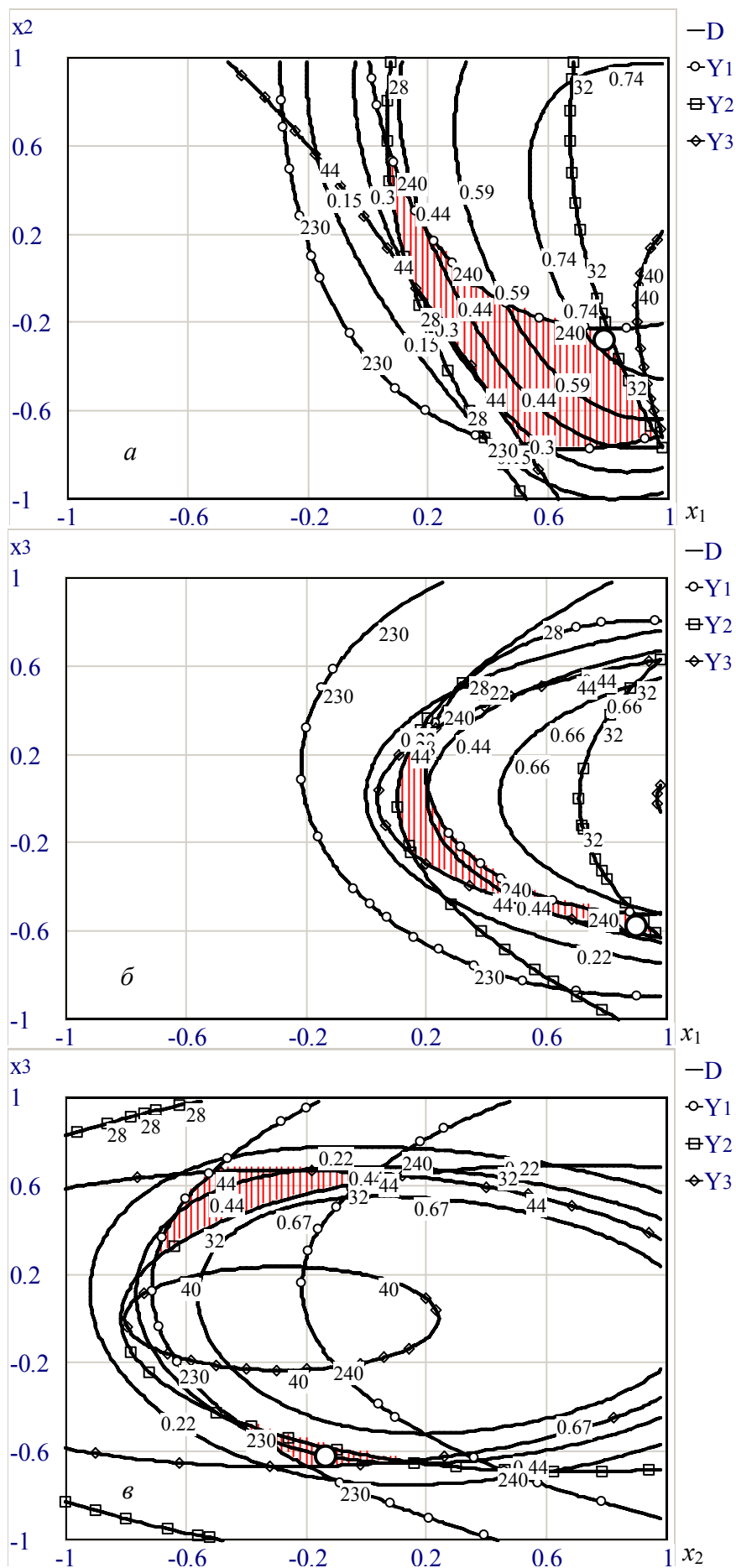


Рисунок 1. Оптимальная (○) и компромиссная (|||) области процесса гидрофобизации кожевного материала при фиксированном значении на оптимальном уровне факторов: x_3 (а), x_2 (б), x_1 (в)

Производственная апробация полученной математической модели технологического процесса

Лабораторная технология процесса гидрофобизации кожевенного материала прошла производственную апробацию при переработке сырья крупного рогатого скота – яловки средней в гидрофобные кожи хромового дубления толщиной 2,2+ мм для верха обуви в условиях Киевского предприятия ПАТ «Чинбар». Основные результаты определения потребительских свойств полученного кожевенного материала представлены в табл. 7.

Таблица 7

Физико-химические свойства гидрофобизированного кожевенного материала

Показник	Кожи для верха обуви	
	гидрофобные	обычные
Водопроницаемость в динамических условиях, мин.	236-245	3,0-5,0
Предел прочности при растяжении, МПа	21,0-24,0	18,0-22,0
Удлинение при напряжении 10 МПа, %	29,0-34,0	21,0-32,0
Жёсткость на ПЖУ-12М, сН	39,0-45,0	44,0-66,0

Как следует из полученных данных, рассчитанные показатели качества по математической модели технологического процесса гидрофобизации материала соответствуют результатам промышленной апробации. Вместе с тем следует отметить, что повышенная устойчивость кожевенного материала к воде сочетается с достаточно высокими показателями механической прочности.

Выводы

1. Исследовано влияние состава разработанной гидрофобизирующей композиции на водостойкие и упругопластические свойства кожевенного материала.
2. Предложена математическая модель и установлены оптимальные значения параметров управления процессом гидрофобизации кожевенного материала. При этом расход реагентов составляет, % массы строганого полуфабриката: алкен-малеинатный полимер – 4,4-4,5, подсолнечное масло – 2,3-2,4, муравьиная кислота – 1,8-1,9. Полученная гидрофобная кожа по разработанной технологии характеризуется водостойкостью в динамических условиях в течение 4,0 часа и повышенными эксплуатационными показателями: предел прочности при растяжении увеличивается на 9,0-16,7 %, а жёсткость снижается на 11,0-31,7 % по сравнению с обычными кожами.
3. Выработанные водостойкие кожи в производственных условиях ПАТ «Чинбар», г. Киев, по комплексу физико-химических показателей соответствуют требованиям ГОСТ 939-88, предъявляемым к соответствующим материалам для верха обуви.

Литература

1. Захаров С. В. Влияние фосфорорганических добавок на гидрофобные свойства кожи / С. В. Захаров, Л. В. Слободских, Н. В. Вахромеева [и др.] // Кожевенно-обув. пром-сть. – 1998. – № 2. – С. 28-29.
2. Зурабян К. М. Разработка состава для гидрофобной обработки кож / К. М. Зурабян, И. Е. Богданова, Н. В. Вахромеева [и др.] // Кожевенно-обув. пром-сть. – 1995. – № 5-6. – С. 33-35.
3. Низамова З. К. Оценка эффективности препаратов для поверхностной гидрофобизации спилка / З. К. Низамова, М. В. Калинин, Н. В. Евсюкова [и др.] // Кожевенно-обув. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 18-19.
4. Пат. 2000332 РФ, С 14 С 9/00. Способ гидрофобизации кож / Ермоленко Н. В., Платонов В. Е., Гурьянова Т. И. [и др.] ; заявл. 05.02.91 ; опубл. 07.09.93, Бюл. № 33-36.

5. Ермоленко Н. В. О влиянии фторсодержащего соединения на гидрофобные свойства кожи / Н. В. Ермоленко // Кожевенно-обув. пром-сть. – 2003. – № 3. – С. 30-31.
6. Pat. C 08 G 77/38. Neue polycarboxyfunktionelle Organosiloxanylderivate und deren Verwendung zur Behandlung von Leder / Maurer T., Htrrwerth S., Konig F., Stadtmuller S. : заявл. 13.09.06 ; опубл. 27.03.08 // РЖХ. – 2009. – № 20. – Реф. 181.
7. Dahmen K. Use of siloxane copolymers for treating leather and pelts / K. Dahmen, R. Mertens // Leather Sci. Abstr. – 1995. – № 1. – С. 9-10.
8. Kovacevic V. Postizavanje otpornosti na vodu kože za specijalne namjene / V. Kovacevic, R. Babic // Koza i obuca. – 1993. – 42. – № 11-12. – С. 127-128.
9. Meyndt Renate. The hydrophobing of chrome-free leather / Meyndt Renate, Germann Heinz-Peter // World Leather. – 2007. – N 8. – P. 49-50, 52-54.
10. Пат. № 2404260 РФ, С 14 С 13/00. Способ выработки гидрофобных кож / Студеникин С. И., Яковлев К. П., Богомолов В. Г. И [др.] ; заявл. 06.11.09 ; опубл. 20.11.10
11. Рамазонов Б. Г. Исследование обработки кож и кожевенных изделий некоторыми полимерными связующими / Б. Г. Рамазонов // Международная н.-практ. конференция «Теоретические знания в практические дела», Омск, 25 марта 2008. – С. 260-261.
12. Дрик фон Бер. Оптимизация процесса гидрофобизации кож с помощью Synthol EW-321 / Дрик фон Бер // Кож. обув. пром-сть. – 2008. – № 2. – С. 17-20.
13. Данилкович А. Г. Технологія і матеріали виробництва шкіри : навч. посібник / Данилкович А. Г., Мокроусова О. Р., Охмат О. А. ; під ред А. Г. Данилковича. – К. : Фенікс, 2009. – 578, [2] с.
14. Інноваційні технології виробництва шкіряних і хутрових матеріалів та виробів : монографія / А. Г. Данилкович, І. М. Грищенко, В. І. Ліщук [та ін.] ; за ред. А. Г. Данилковича. – К. : Фенікс, 2012. 344 с.
15. Пат. на КМ 70418. Спосіб емульсійного жирування-гідрофобізації шкіри / Ліщук В. І., Данилкович А. Г., Омельченко Н. В., Лисенко Н. В., Хлебнікова Н. Б. ; заявл. 24.11.2011 ; опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.
16. Данилкович А.Г. Практикум з хімії і технології шкіри та хутра : 2 вид., перероб. і доп. : навч. посібник / А. Г. Данилкович. – К. : Фенікс, 2006. – 338, [2] с.
17. Данилкович А. Г. Основи наукових досліджень у вищому навчальному закладі : навчальний посібник / А. Г. Данилкович. – К. : Фенікс, 2010. – 294, [2] с.
18. Ахназарова, С. Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии [Текст] / С. Л. Ахназарова, Л. С. Гордеев. – М. : изд-во РХТУ, 2003. – 76 с.
19. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс ; перевод с англ. [Текст] / Б. Банди. – М. : Радио и связь, 1988. – 129 с.